

„Platforma virtuală de e-learning bazată pe aplicații 3D utilizabilă în protetica dentară”- Acronim VIR-PRO

Etapă 3 – Realizarea, experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului experimental

REZUMAT

Sistemului de realitate virtuală, având ca bază tehnologia haptică, este un instrument nou în procesul de predare și formare în medicina dentară, încă în curs de dezvoltare. În aplicațiile medicale se utilizează tehnologii de redare vizuală cu imagistică 3D. Acestea asigură trecerea de la modelele tradiționale, din ghips, la cele obținute virtual. Modelele 3D sunt un concept relativ nou de inovație. Prin urmare, folosirea modelelor virtuale ca resursă de învățare în procesul de predare este o metodă supusă analizei.

Sistemele de simulare sunt programe interactive care simulează situațiile clinice reale în care studenții exersează manopere profesionale. Realitatea virtuală oferă evaluarea preparațiilor în timpul pregătirii dinților, oferind un feedback adecvat.

Diferența caracteristică între preparațiile virtuale și metodele tradiționale practicate pe modele din ghips sau plastic este că permite utilizatorilor să primească o forță feedback realistă asemănătoare cu practica pe dinții reali. De asemenea, sistemul de simulare permite repetabilitatea manoperelor clinice, având ca rezultat dobândirea manualității.

Simulatoarele dentare redau situații clinice reale datorită combinației dintre componenta vizuală (imaginea de pe monitor) și cea tactilă (senzația conferită de haptic). În funcție de procedura dentară simulată, feedback-ul simulatorului angajat este reprezentat de schimbările topologice ale structurii dintelui (smalt și dentină) sau forțe (senzații) în mâna utilizatorului. Senzațiile sunt similare cu cele resimțite de utilizator, atunci când execută aceeași procedură dentară pe un pacient.

Proiectarea platformei, model experimental. Proiectarea softului pentru protetica dentară (Partea 2).

Aplicațiile dezvoltate, de simulare virtuală, pentru protetica dentară necesită conectarea dispozitivelor haptice cu stațiile grafice achiziționate. S-au creat două unități de lucru în mediul virtual.

Dispozitiv haptic portabil Geomagic Touch

Dispozitivul haptic Geomagic Touch beneficiază de force-feedback. Aceasta conferă interacțiunea dintre instrumentele virtuale coordonate de utilizator și tesuturile dentare virtuale cu care acesta intră în contact. Dispozitivul haptic Geomagic Touch permite interacțiunea cu realitatea virtuală prin atingerea, modificarea sau manipularea obiectelor virtuale. Acest lucru este posibil datorită tehnologiei force-feedback.

Stație grafică cu software Fujitsu

Stațiile grafice Fujitsu suportă creativitatea, simularea și vizualizarea la un nivel profesional ridicat. Sunt utilizate în diverse domenii, cum ar fi CAD, CAE, AEC, Oil & Gas, HPC sau în domeniul medical. Selecția de procesoare, hard discuri și carduri grafice profesionale

conferă o fiabilitate mărită, performanță și posibilitatea de upgrade la o capacitate de memorie semnificativ mărită față de stațiile de lucru obișnuite. SATA (Serial Advanced Technology Attachment) este tehnologia standard pentru conectare și transferul datelor din driverele hard discurilor la sistemul computerului.

Monitorul 3D Fujitsu permite utilizatorilor aplicații 3D, din domeniul graficii asistate de calculator, care utilizează programe solicitante, precum CAD/CAE, simulatoare medicale, sau sisteme de procesare a datelor. Unghiul de vizionare larg permite unor grupuri restrânse de utilizatori să beneficieze de adâncimea perspectivei 3D în spații deschise, cum ar fi universitățile, chiar și în cazul prezentărilor făcute în timpul zilei. Printre alte caracteristici speciale ale gamei de produse se află o paletă de culori compatibilă cu DICOM, ce permite utilizarea cu aplicații medicale de specialitate, iar marea varietate de interfețe de conectare mărește compatibilitatea cu diverse tipuri de PC-uri, stații de lucru.

Ochelarii 3D permit vizualizarea imaginilor tridimensionale și sunt clasificați în funcție de principiul de redare a imaginii. Ochelarii 3D Fujitsu au ca principiu de funcționare polarizarea lentilelor, care se poate realiza linear sau circular, în funcție de sistemul care redă conținutul 3D. Calitatea vizualizării 3D este foarte bună. Sunt compatibili cu tehnologia 3D specific implementată atât pe sistemul de redare (stație grafică), cât și pe cel de vizualizare (monitor 3D).

Tratamentele proprotetice și preprotetice descrise ulterior fac obiectul aplicațiilor specifice pentru realizarea protezei scheletate. Pentru tratamentul cu proteză scheletată este important selectarea dinților stâlpi. Alegerea dinților stâlpi principali, limitrofi breșelor edentate, pe care se poziționează elementele de ancorare ale protezei scheletate (croșete sau prin sisteme special), se realizează în funcție de clasa de edentație, de întinderea breșei edentate și de aspectul dinților restanți. Dinți stâlpi secundari sau indirecti sunt cei pe care se aplică pintenii auxiliari, ca elemente contrabasculante.

Pregătirea dinților stâlpi direcți sau indirecti se planifică pe modelele de studiu montate în ocluzor sau articulador după ce s-a realizat planul protezei. Prepararea dinților stâlpi se realizează înainte de faza clinică de amprentare funcțională.

În cazul protezei scheletată ancorată prin croșete aplicate pe dinții stâlpi, aceștia sunt indemni la carie dentară și cu retentivități convenabile.

Prepararea dinților stâlpi include realizarea suprafețelor de ghidare și a lăcașelor pentru pinteni

În cazul protezei scheletată ancorată prin sisteme speciale, dinții stâlpi se prepară diferențiat în funcție de modul de angrenare al acestora. În cazul în care se folosesc capse sau culise, dinții stâlpi se șlefuiesc pentru coroane metalo-ceramice, coroane cu fațete sau coroane metalice.

Reducerea suprafeței ocluzale la dinții migrați vertical pentru corectarea curbei sagitale. Migrările dentare sunt consecințele apariției breșei edentate. Primul aspect este realizarea unui plan de ocluzie corect, deoarece în edentația parțială acesta este frecvent denivelat, consecutiv migrărilor dentare. Nivelarea planului de ocluzie se realizează prin diverse manopere variind ca amplitudine începând cu șlefuiuri la nivelul cuspizilor, remodelări coronare, necesare pentru corectarea curbei sagitale de ocluzie.

Pregătirile menționate abordează structurile dentare, smalțul și dentina. Pentru aplicația virtuală este concludentă diferența de duritate a acestora.

Pentru dezvoltarea soluției software de simulare în mediul virtual al manoperelor specifice protectiei dentare, în etapa trei a proiectului echipa a realizat urmatoarele:

- proiectarea soluției software (echipa Avitech);
- testarea experimentală a soluției tehnice în vederea demonstrării funcționalității modelului experimental;
- demonstrarea funcționalității și utilității modelului experimental.

Modelul VIR-PRO presupune interacțiunea utilizatorului cu un mediu virtual 3D folosind un dispozitiv haptic.

Din punct de vedere al mediului de dezvoltare, în urma studierii soluțiilor disponibile pe piața, echipa a ales platforma Unity care permite portarea aplicațiilor de tip stand-alone în format web compatibil cu platforma de e-learning implementată în proiect. Hardware-ul este compus din stație grafică și monitor 3D pentru rularea aplicației și vizualizarea stereo a acesteia, completată cu un dispozitiv haptic Geomagic Touch pentru obținerea feedback-ului tactil. Instrumentele sunt reprezentate de dispozitive haptice ce pot fi mișcate pe trei axe și oferă un feedback tactil foarte apropiat de realitate. Dispozitivele haptice adaugă senzație tactilă în procesul de interacțiune umană cu calculatorul și joacă un rol important prin faptul că îmbunătățesc senzația de imersie. Tehnologia haptică este aceea care prezintă o interfață ce poate fi accesată de un utilizator prin intermediul unei simple atingeri aplicând forța, vibrațiile și/sau mișcarea.

Calitatea și performanța de redare grafică într-o simulare virtuală sunt cele mai importante criterii care determină realismul simulării. Obținerea unei imagini realiste, de calitate ridicată pe ecran nu este suficientă. Pentru aceasta, rata de cadre de simulare ar trebui să fie peste o valoare de prag în aplicații în timp real. Ochiul uman recunoaște animațiile continuu, dacă rata de reîmprospătare este de peste 30 de cadre pe secundă. Pentru a crește calitatea imaginii, algoritmii includ operații complexe, cum ar fi pe pixeli de culoare și calcule de luminozitate. Totuși, aceste operații complexe influențează negativ rata de reîmprospătare a imaginii. Prin urmare, trebuie să existe o conexiune adecvată între rata de reîmprospătare și calitatea imaginii într-o aplicație virtuală în timp real.

În cadrul etapei de dezvoltare a modelului experimental au fost create modelele 3D care vor fi utilizate în softul de protetică dentară pentru exemplificarea diferitelor tipuri de manopere specifice acestui domeniu. Pentru a replica în mediul virtual o serie de studii de caz reale și reprezentative s-a ales metoda de digitizare - scanarea laser.

Scanarea laser 3D este procesul de copiere sau reprezentare digitală a geometriei obiectelor solide folosind laserul. În urma procesului de scanare tridimensională, geometria obiectului real măsurat este redată digital printr-o rețea densă de puncte, cu coordonatele x, y, z, la densitate milimetrică. Informațiile acest tip sunt post-procesate în rețele de mici poligoane. Acest tip de informații pot fi salvate în diverse formate, inclusiv CAD obținându-se imagini 3D realiste, ele putând fi mai apoi modelate. Avantajul esențial al tehnologiei de scanare laser este virtualizarea completă.

Pentru digitizare s-a utilizat scannerul Artec Space Spider care are o acuratețe de 50 μm. Modele obținute sunt prezentate mai jos (fig. 1.).



Fig. 1. Model 3D vs model din ghips

Modelele 3D care vor fi utilizate în aplicația dezvoltată în Unity în etapa următoare de Dezvoltare experimentală, s-au obținut urmând pașii prezentați mai jos:

1. Obținerea modelului dentar real a unui caz reprezentativ se face utilizând instrumente specifice
2. Scanarea modelului dentar utilizând un scanner cu lumina structurată cu o precizie de aproximativ 50 μm .
3. Procesarea primară a scanării presupune filtrarea și îndepărtarea punctelor scanate în aer sau pe suportul amprenteii reale și generarea mesh-ului 3D.
4. Conversia mesh-ului în suprafață s-a realizat în Catia V5. În prima fază mesh-ul a fost filtrat și omogenizat. În a doua etapă a fost convertit în suprafață cu o deviație maximă de 0.01 mm .
5. Suprafața a fost convertită în corp solid. Acest lucru este necesar pentru simularea îndepărtării straturilor în aplicația dezvoltată în Unity.
6. Prin operații specifice softurilor CAD se creează mai multe straturi la care se vor defini densități diferite, acestea vor fi „simțite” diferit cu dispozitivul haptic de către cursanți.
7. Operația de texturare are rolul de a crea un efect foto realist pentru modelul 3D.

Realizarea model experimental

Șlefuirea dintelui este o manoperă clinică omniprezentă în protetica dentară. Acest proces implică procedeul de șlefuire cu ajutorul frezelor de turbină, pentru a modifica forma dintelui. În timpul acestei manopere, dacă se aplică prea multă forță, va crește rata de generare de căldură și, prin urmare, deteriorarea țesuturilor dentare, în timp ce prea puțină forță poate prelungi procedura de tratament, devenind dureroasă pentru pacient. Prin urmare, senzația tactilă este foarte importantă pentru preparațiile dentare. Forța de feedback-ul este generată de interacțiunea de șlefuire dintre dinte și freza dentară utilizată la turbină. Factorii care influențează forța de șlefuire sunt forma frezei, comportamentul piesei de mână și secțiunea dentară diferită (smalț sau dentină) și mediul înconjurător. Dintele este static, iar freza dentară face mișcări de rotație și de translație. Forțele diferite care acționează sunt calculate utilizând cuplarea virtuală

ca să păstreze stabilitatea. Forța de feed-back trebuie să fie în concordanță cu forța reală de șlefuire.

Aceste principii aplicate în cazul șlefuirii dintelui sunt transpuse în mediul virtual de simulare. Dispozitivul haptic generează o forță de feed-back tactil, asemănătoare cu cea resimțită la șlefuirea diferențiată a smalțului și dentinei. Aceste metode sunt implementate în sistemul virtual de pregătire.

Realitatea unui mediu de simulare având și effect de feed-back, depinde de mai mulți factori, printre care calitatea modelelor 3D, realitatea forțelor de feedback. Pentru acuratețea simulării se ține cont de: datele și structura dintelui care urmează să fie simulat, proprietățile biomecanice, modelul utilizat pentru a evalua forțele pentru feedback.

Studiile din literatura de specialitate, referitoare la proprietăților biomecanice ale dintelui, se axează pe modulul de elasticitatea și pe duritatea acestuia. Publicațiile relevă faptul că proprietățile biomecanice ale dintelui variază individual, raportat la vârsta pacientului, în funcție de stratul de smalț, sau dentină. Provocarea în simulările virtuale este de a obține forțe realiste prin utilizarea dispozitivelor haptice.

Libraria OpenHaptics a fost utilizată pentru simularea virtuală.

În figura 2 este prezentat un model 3D cu două straturi solide utilizat la testarea modului de lucru cu dispozitivul haptic.

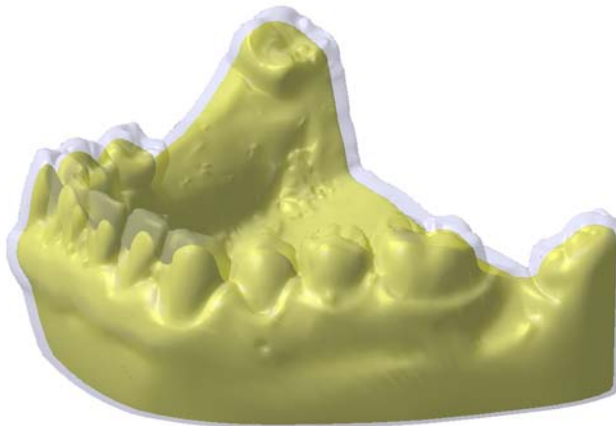


Fig. 2. Model 3D solid după o amprenta dentară

Pentru soluția software s-au testat două scenarii: una cu manechin și una fără. Redarea grafică a fost realizată cu ajutorul bibliotecii Open GL a dispozitivului haptic.

Experimentarea modelului /soluției propuse

În etapa de testare (experimentare) a modelului experimental, echipa a programat nivele diferite de sensibilitate ale dispozitivului haptic pentru cele două straturi dentare astfel încât în aplicația finală să se poată recrea cât mai fidel diferența resimțită cu instrumentarul specific proteticii dentare (fig.3.).



Fig. 3. Testarea scenariilor cu ajutorul dispozitivului haptic

Demonstrarea funcționalității și utilității modelului

În ultima fază a etapei a treia, ca urmare a testelor efectuate în etapa de experimentare, echipa Avitech împreună cu beneficiarul și ceilalți parteneri de proiect, au efectuat demonstrații ale diverselor manopere de protetică dentară pentru demonstrarea funcționalității și utilității modelului experimental.

În concluzie, au fost implementate fazele etapei a treia, îndeplinindu-se obiectivele propuse pentru aceasta etapă; a fost demonstrată utilitatea funcționalității modelului experimental astfel încât echipa este pregătită să intre în etapa finală de Dezvoltare experimentală pentru realizarea prototipului.